

Капліна Т. В.,  
Положишникова Л. О.,  
Молчанова Н. Ю.

## ОБҐРУНТУВАННЯ УМОВ ЕМУЛЬГУВАННЯ РІДКИХ ХАРЧОВИХ СИСТЕМ У ВИХРОВОМУ ШАРІ ФЕРОМАГНІТНИХ ЧАСТИНОК

*У статті розглянуто можливість використання вихрового шару феромагнітних частинок для обробки рідких харчових систем. Визначено, що на якість емульсії пливуть параметри робочих елементів — діаметр, довжина, геометричні розміри, коефіцієнт завантаження камери феромагнітними частинками та середовищем, що підлягає обробці. Визначені оптимальні параметри емульгування, які забезпечують отримання стабільних емульсій.*

**Ключові слова:** емульсія, вихровий шар, обертове електромагнітне поле, феромагнітні частинки, параметри емульгування.

### 1. Вступ

Одним із сучасних напрямів удосконалення технологій продукції з емульсійною структурою у харчовій промисловості та закладах ресторанного господарства є застосування фізичних методів обробки харчових систем для отримання якісної та безпечної продукції. До них належать: кавітаційна обробка, обробка звуковими коливаннями, використання електромагнітних полів різної інтенсивності, вихрового шару феромагнітних частинок обертового електромагнітного поля (ВШФЧ OEMП) [1–3]. На сьогодні все більшу зацікавленість викликає застосування ВШФЧ OEMП, завдяки його «універсальності», що дозволяє не тільки підвищити якісні показники харчової системи, але й значно збільшити її мікробіологічну безпечність. У науковій практиці встановлені позитивні результати використання апаратів з ВШ для активації суспензії дріжджів, виготовлення хліба з борошна, попередньо обробленого у ВШФЧ OEMП, виробництва низькоконцентрованих емульсій для змащування хлібопекарських форм, солодких страв, для збільшення соковіддачі плодово-ягідної сировини, розроблено напрями використання у масложировій промисловості для створення майонезу [4–6], але у відомій авторам статті літературі не вдалося знайти інформації про оптимальні параметри обробки, що сприяють утворенню фізично стійких емульсій. Отже, проведення досліджень в цьому напрямку є актуальним.

### 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Попередніми дослідженнями встановлено [6], що до основних чинників, які впливають на кінетику процесу емульгування у ВШФЧ OEMП, належать: частота і сила співударання феромагнітних частинок (ФЧ), їх геометричні розміри [7].

Під дією OEMП ФЧ починають хаотично рухатися і у вихровому шарі (ВШ) створюються різні види гідродинамічних нестабільностей, які обумовлюють подрібнення крапель (диспергування) у результаті турбулентного

перемішування, розплющування краплі поміж частинками, що співударяються. Разом з тим диспергування відбувається також у результаті акустичних коливань середовища.

Найбільше навантаження на середовище, що обробляється, спричиняють такі параметри обробки  $(0,6–0,85)m_{кр}$  і  $l/d = 12…18$ . Це так званий «жорсткий режим» диспергування. Завдяки такій дії можливо інтенсифікувати диспергування з утворенням крупних фракцій твердого харчового середовища, яке оброблялося.

«М'який режим» супроводжується збільшенням дисперсності середовища, яке обробляється, і забезпечує меншу ефективність подрібнення [7]. Але ці умови стосуються феромагнітних частинок без оболонки.

Встановлено, що частота і сила співударання частинок складним чином впливають на кінетику процесу емульгування у ВШФЧ. При використанні феромагнітних частинок з  $d = 0,5$  мм частота співударання підвищується зі збільшенням коефіцієнту завантаження камери до  $K_3 = 0,08$ . Після цієї величини спостерігається зниження частоти співударання. Більш значне зниження частоти співударання відбувається при збільшенні навантаження камери ФЧ з більшою довжиною. Авторам відмічено, що при визначенні оптимальних параметрів процесу емульгування у ВШФЧ, такі чинники, як матеріал частинок, напруженість магнітного поля, швидкість його обертання, необхідно приймати чітко визначеними. Але потрібно відмітити, що такі умови характерні для апаратів, де в якості робочої камери використано камеру з гідравлічним «відтисканням» ФЧ від стінок. У дослідженнях, проведених авторами, використовували обладнання, в якому така камера відсутня.

Дані з використання ФЧ з оболонкою для обробки рідких і твердих харчових систем відсутні. Тому дослідженню ефективних параметрів процесу обробки харчових систем феромагнітними частинками в оболонці і можливими механізмами дії ВШФЧ на складові цих систем присвячено ці дослідження. Авторами встановлено, що на процес емульгування у ВШФЧ суттєво впливають: діаметр частинки ( $d_ч$ ), довжина ( $l_ч$ ), їх співвідношення  $l_ч/d_ч$  (коефіцієнт тотожності), коефіцієнт

завантаження камери ( $K_3$ ), отже доцільним є визначення оптимальних параметрів емульгування у апаратах з вихровим шаром.

### 3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Об'єкт дослідження — емульсії, отримані в апаратах з вихровим шаром.

Метою досліджень є визначення параметрів емульгування, що забезпечують створення високоякісних емульсій.

Відповідно до поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- визначити коефіцієнт тотожності  $l/d$  феромагнітних частинок;
- коефіцієнт заповнення робочої камери апарату феромагнітними частинками з оболонкою ( $K_3$ );
- коефіцієнт заповнення матеріалом, що обробляється ( $Q_3$ ).

### 4. Матеріали та методи дослідження показників якості емульсій

Як об'єкт дослідження використовували модельну систему, до складу якої входили: олія соняшникова рафінована дезодорована — 65 %, яєчний порошок — 5 %, вода — 30 %. Її готували на лабораторній установці (рис. 1) за методикою [8]. На рис. 2 наведена принципова схема обладнання для отримання емульсії.



Рис. 1. Лабораторна установка для проведення досліджень: 1 — апарат з вихровим шаром; 2 — котел електричний; 3 — бак для складових компонентів

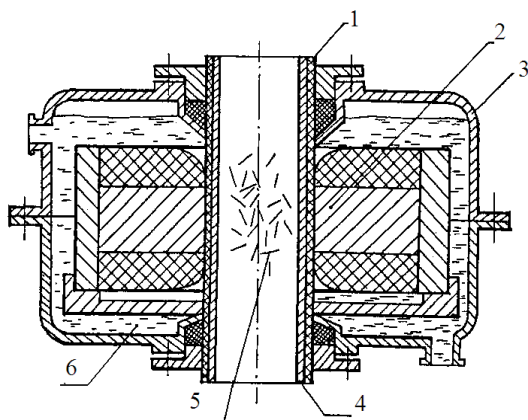


Рис. 2. Принципова схема апарату з вихровим шаром: 1 — корпус з немагнітного матеріалу; 2 — індуктор ОЕМП; 3 — металева сорочка; 4 — робоча камера апарату; 5 — феромагнітні частинки; 6 — трансформаторне масло для охолодження

На основі апіорі інтервал оброблення модельної системи у ВШФЧ встановили у межах 10 с. Критеріями оцінювання впливу параметрів оброблення на якість модельних систем були стійкість та дисперсність, які визначали за стандартними методами після їх добового зберігання. Для визначення раціональних параметрів процесу емульгування проводили аналіз впливу кожного з перерахованих чинників на якість отриманих емульсій, узагальнювали отриманні результати.

Корпус 1 являє собою полий циліндр з немагнітного матеріалу, який розміщений всередині індуктору 2, що створює обертове електромагнітне поле. Індуктор розміщений в металевій сорочці 3, яка є ємністю для охолодження рідини. Всередині корпусу розміщена циліндрична втулка 4, що представляє робочу камеру апарату з розміщеними ФЧ 5.

### 5. Результати досліджень визначення параметрів емульгування у ВШФЧ ОЕМП

Як було відмічено раніше, на ефективність проведення емульгування у ВШФЧ ОЕМП впливає коефіцієнт тотожності частинок. Його значення змінюються в залежності від сили та частоти співдурання ФЧ, які в значній мірі впливають на диспергування фаз. При дослідженні вихрового шару вченими визначено оптимальні коефіцієнти тотожності частинок в межах 8...18. При цих значеннях досягається висока ефективність процесу емульгування. Тому для визначення оптимального співвідношення феромагнітних елементів виконували серію експериментальних досліджень, де незмінними чинниками виступали коефіцієнт заповнення робочої камери феромагнітними елементами —  $K_3 = 0,06$  та середовищем, що обробляється —  $Q = 0,5Q_3$  (де  $Q_3$  — маса емульсії при повному заповненні робочої камери), в якості змінних факторів виступали розміри феромагнітних елементів та їх діаметр (рис. 3).

Отриманні результати свідчать, що стійкість модельних емульсій коливається у межах 44...87,7 % в залежності від діаметру та параметричного коефіцієнту тотожності феромагнітних частинок.

Встановлено, що кінетична і агрегативна стійкість емульсії підвищувалися при збільшенні діаметру феромагнітних елементів і залежали від конструктивних особливостей частинок ( $l/d$ ). При використанні частинок із співвідношенням  $l/d = 10...14$  ці показники набували значень, що відповідали високій стабільності модельної системи.

Експериментальні дані підтвердили, що стійкість емульсії залежить від діаметра феромагнітних частинок та співвідношення  $l/d$  [9].

Максимальне значення стійкості модельної системи характерним було для феромагнітних елементів діаметром  $(2-3) \cdot 10^{-3}$  м, співвідношення довжини до діаметру коливалося в межах 10–12. Для частинок діаметром  $1 \cdot 10^{-3}$  м спостерігалось підвищення стійкості емульсії при співвідношенні  $l/d = 10...12$ . Збільшення параметричного коефіцієнту тотожності частинок до 14 призвело до зміни стійкості модельної системи у межах похибки, а використання частинок з розмірами 16–18 обумовило зменшення стійкості емульсії. Для частинок діаметрами  $2 \cdot 10^{-3}$  м та  $3 \cdot 10^{-3}$  м спостерігали аналогічну тенденцію до змін.

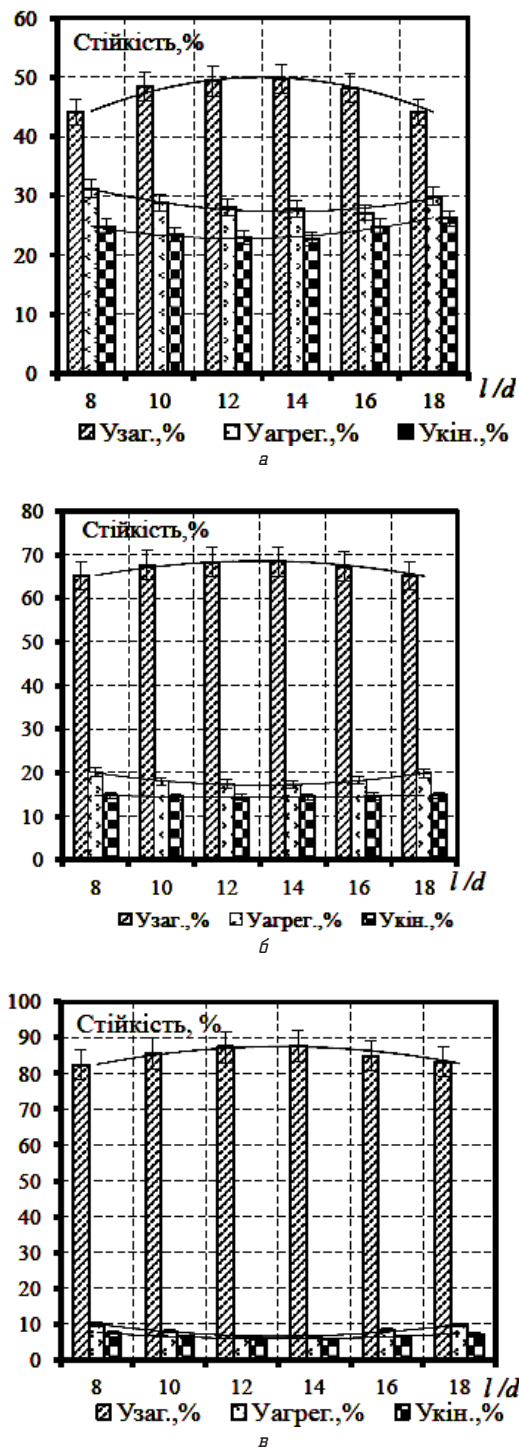


Рис. 3. Залежність показників стабільності емульсії від параметричних коефіцієнтів тотожності ФЧ: а —  $d = 1 \cdot 10^{-3}$  м; б —  $d = 2 \cdot 10^{-3}$  м; в —  $d = 3 \cdot 10^{-3}$  м

Для обґрунтування оптимальних параметрів емульгування модельної системи необхідно обмежитися одним лише критерієм стійкості. Відомо, що стійкість емульсії в багатьох випадках залежить від ступеню її дисперсності. Тому досліджували вплив такого оброблення на дисперсійний склад модельних систем різних показників феромагнітних частинок: параметричних коефіцієнтів тотожності та діаметрів (рис. 4).

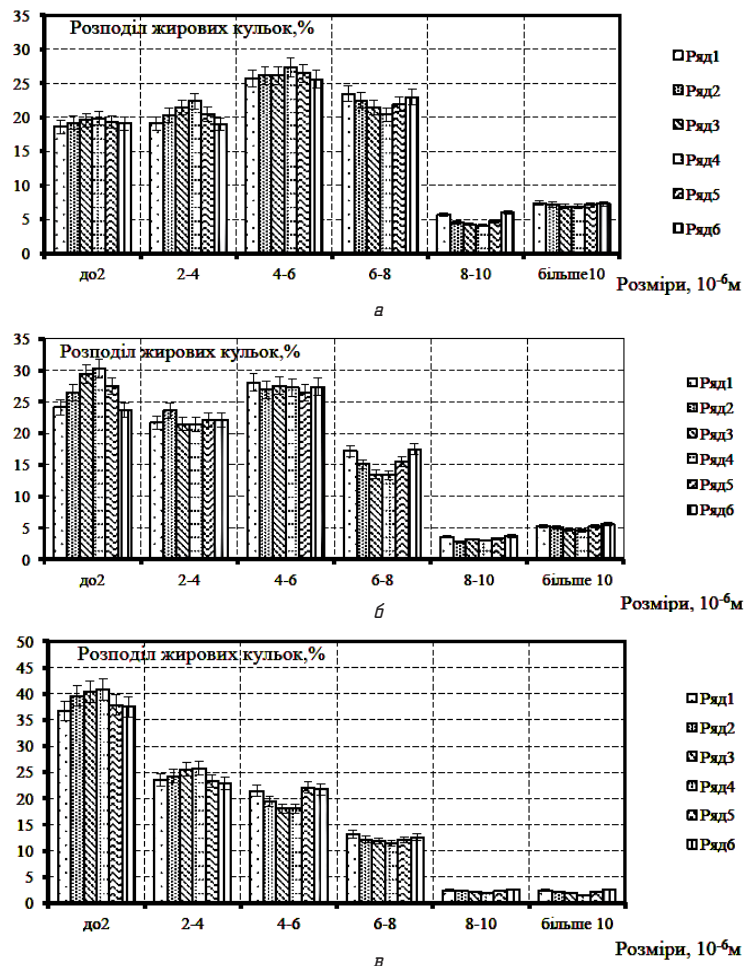


Рис. 4. Залежність дисперсійного складу модельних систем від параметричних коефіцієнтів тотожності та діаметрів феромагнітних частинок: а — діаметр ФЧ,  $1 \cdot 10^{-3}$  м; б — діаметр ФЧ,  $2 \cdot 10^{-3}$  м; в — діаметр ФЧ,  $3 \cdot 10^{-3}$  м; ряд 1 —  $l/d = 8$ ; 2 —  $l/d = 10$ ; 3 —  $l/d = 12$ ; 4 —  $l/d = 14$ ; 5 —  $l/d = 16$ ; 6 —  $l/d = 18$

Аналіз отриманих даних свідчить, що вміст жирових кульок коливається (у %) в залежності від діаметра частинок та параметричного коефіцієнту тотожності. Зі збільшенням діаметру частинки до  $2 \cdot 10^{-3}$  м зростає відсоток жирових кульок меншого діаметра (до  $2 \cdot 10^{-6}$  м) у межах 24,1...30,3 %. Таке ж зростання характерно і для частинок з діаметром  $3 \cdot 10^{-3}$  м і коефіцієнту тотожності в інтервалі 8...14. Відсоток жирових кульок діаметром до  $2 \cdot 10^{-6}$  м модельної системи підвищується з 36,7 до 40,9 %.

Збільшення кількості жирових кульок меншого діаметру обумовлює відповідно зменшення частки більшого діаметру. Отриманні результати корелюють з даними показника стійкості.

Аналогічно попереднім дослідженням визначали вплив коефіцієнта заповнення робочої камери феромагнітними частинками на стійкість і дисперсійний склад емульсії. Вченими встановлено [10], що коефіцієнт завантаження феромагнітними елементами може змінюватися в межах 0,011...0,119. Авторами статті проведено додаткові дослідження, відповідно до яких обрано інтервал 0,03...0,11 [9]. Як і в попередній серії досліджень, визначали стійкість і дисперсійний склад емульсії в залежності від коефіцієнта заповнення робочої камери ФЧ при постійному коефіцієнті тотожності 14 і діаметрі частинки  $3 \cdot 10^{-3}$  м (рис. 5, 6).

Аналіз даних гістограми (рис. 5) свідчить, що підвищення коефіцієнту завантаження камери ФЧ призводить до збільшення стійкості емульсії. Встановлено, що в інтервалі  $K_3 = 0,09...0,11$  завантаження камери ФЧ можливо досягти максимального значення стійкості емульсії.



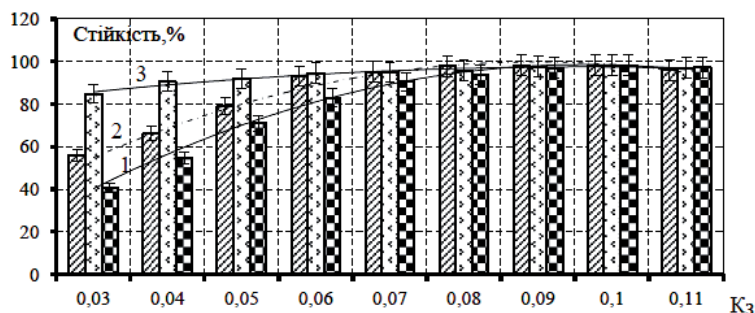


Рис. 5. Залежність стійкості емульсії від коефіцієнта заповнення робочої камери установки феромагнітними частинками: 1 —  $Y_{\text{кін}}$  стійкість; 2 —  $Y_{\text{агрег}}$  стійкість; 3 —  $Y_{\text{заг}}$  стійкість

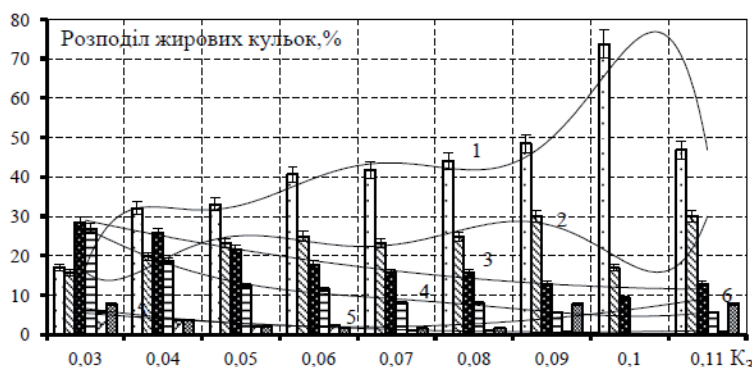


Рис. 6. Залежність дисперсійного складу модельних емульсій від коефіцієнта заповнення камери феромагнітними елементами: 1 — до  $2 \cdot 10^{-6}$  м; 2 —  $(2 \dots 4) \cdot 10^{-6}$  м; 3 —  $(4 \dots 6) \cdot 10^{-6}$  м; 4 —  $(6 \dots 8) \cdot 10^{-6}$  м; 5 —  $(8 \dots 10) \cdot 10^{-6}$  м; 6 — більше  $10 \cdot 10^{-6}$  м

Визначення агрегативної та кінетичної стійкості емульсії підтвердило висунуте раніше припущення, що збільшувати  $K_3$  ФЧ більше 0,11 недоцільно, тому що вище цього значення спостерігалось зниження стійкості емульсії.

Дані рис. 6 вказують на різний дисперсійний склад модельних систем у залежності від коефіцієнтів заповнення камери феромагнітними частинками. Розміри жирових кульок емульсій коливалися у межах  $(2 \dots 10) \cdot 10^{-6}$  м. При збільшенні коефіцієнта заповнення камери від 0,05 до 0,09 спостерігалось значне підвищення кількості жирових кульок меншого діаметра (до 2 мкм). При зростанні коефіцієнта до 0,10 було відмічено наявність жирових кульок лише двох розмірів до 2 мкм — 73,8 % і  $2 \dots 4$  мкм — 16,9 %. Таким чином, при коефіцієнті заповнення феромагнітними елементами 0,10 було отримано високодисперсну емульсію.

Спираючись на відсутність інформації про дослідження ступеню заповнення робочої ємності емульсією для феромагнітних елементів з оболонкою проводили наступні дослідження. Для встановлення раціональних інтервалів заповнення робочої камери середовищем ( $Q_3$ ) використовували феромагнітні елементи діаметром  $d = 2,0 \cdot 10^{-3}$  м та співвідношенням  $l/d = 10$ . Коефіцієнт заповнення ( $Q_3$ ) змінювали в інтервалі 0,3...0,9 завдяки даним, отриманим авторами статті раніше (рис. 7).

Аналізуючи дані рис. 7 необхідно відмітити, що стійкість емульсії залишається на сталому рівні лише при заповненні робочої камери в інтервалі 0,3...0,5 об'єму. Збільшення коефіцієнта заповнення об'єму середовищем,

що оброблялося, привело до значного зменшення стійкості, що свідчить про необхідність обмеження ступеню заповнення робочої камери до 0,5.

Так само, як і в попередніх дослідженнях, вивчали вплив заповнення робочої камери феромагнітними елементами на дисперсійний склад модельної системи (рис. 8).

Аналіз даних свідчить про суттєвий вплив коефіцієнта заповнення ( $Q_3$ ) робочої камери емульсією на її дисперсійний склад.

Для модельних систем при коефіцієнтах заповнення 0,3...0,5 характерною була наявність жирових кульок лише двох розмірів до 2 мкм і  $2 \dots 4$  мкм. При цьому вища дисперсність була при коефіцієнті заповнення камери модельною системою 0,3. Цим параметрам відповідало 86,6 % жирових кульок до 2 мкм. Збільшення  $Q_3$  у межах 0,6...0,9 призвело до перерозподілу жирових кульок у бік збільшення, що свідчило про тенденцію їх до злиття і зменшення стабільності модельної системи у часі. Поясненням цьому явищу є обмеження у розмірах робочої камери, довжина якої у лабораторній установці складає 0,13 м.

При завантаженні ФЧ та інгредієнтів емульсії для отримання якісної емульсії вони будуть знаходитися саме у цій зоні лише за умов заповнення камери на 0,3...0,5 її об'єму.

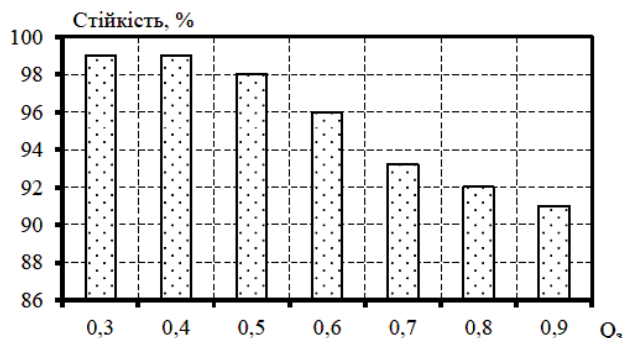


Рис. 7. Залежність стійкості модельної емульсії від ступеню заповнення нею робочої камери

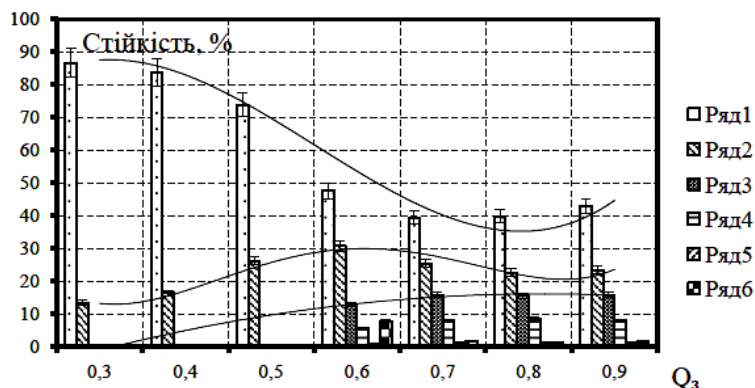


Рис. 8. Залежність дисперсійного складу емульсії від коефіцієнту заповнення нею робочої камери: ряд 1 — до  $2 \cdot 10^{-6}$  м; ряд 2 —  $(2 \dots 4) \cdot 10^{-6}$  м; ряд 3 —  $(4 \dots 6) \cdot 10^{-6}$  м; ряд 4 —  $(6 \dots 8) \cdot 10^{-6}$  м; ряд 5 —  $(8 \dots 10) \cdot 10^{-6}$  м; ряд 6 — більше  $10 \cdot 10^{-6}$  м

Збільшення завантаження робочої камери призводить до того, що компоненти виходять за межу робочої зони і значно менше підпадають дії комплексу чинників, а це суттєво впливає на якісні показники модельної системи.

Підсумовуючи результати проведених досліджень, слід зазначити, що отримання емульсії високої якості у ВШФЧ можливо лише за умов дотримання раціональних параметрів процесу емульгування: параметричному коефіцієнту тотожності 10...14; діаметру феромагнітних елементів  $(2...3) \cdot 10^{-3}$  м; коефіцієнту завантаження феромагнітними елементами 0,08...0,10; коефіцієнту одночасно завантаженої емульсії 0,5 $Q_3$ .

Для визначення оптимальних параметрів процесу емульгування при тривалості оброблення 10 с проводили повний факторний експеримент  $2^3$ . За вхідні параметри процесу приймали, як і в попередніх дослідженнях:  $X_1$  — коефіцієнт завантаження камери сировиною;  $X_2$  — коефіцієнт тотожності (співвідношення довжини до діаметра феромагнітних елементів);  $X_3$  — коефіцієнт завантаження камери феромагнітними елементами. Функцією відгуку були: дисперсність емульсії ( $y_1$ ) і стійкість емульсії ( $y_2$ ). Загальна кількість дослідів у матриці планування дорівнювала 8, повторюваність дослідів — 5. Математичну обробку проводили за допомогою програми Microsoft Excel 2007. Встановлено, що процес емульгування в досліджуваних ділянках факторного простору можливо представити залежністю:

$$y = 85,02 - 2,20x_2 + 5,75x_1^2 + 3,24x_2^2 + 2,50x_1x_2.$$

Проведено оптимізацію процесу емульгування методом Бокса Уілсона. Ґрунтуючись на даних оптимізації процесу емульгування, встановлено оптимальні параметри ведення цього процесу:  $l/d = 12$ ;  $K_3 = 0,087$ ; 0,37 $Q_3$ .

Ці параметри використано при проведенні досліджень у рідкофазних процесах.

## 6. Обговорення результатів дослідження стійкості емульсії, отриманої у ВШФЧ OEMП

Таким чином, на стійкість емульсії впливають як параметричний коефіцієнт тотожності частинок, так і діаметр феромагнітних частинок. Зростання діаметра феромагнітних частинок забезпечує підвищення стійкості емульсії у середньому на 47,8 % для ФЧ  $d = 2 \cdot 10^{-3}$  м, та 86,8 % для ФЧ  $d = 3 \cdot 10^{-3}$  м.

Результати експериментів свідчать, що використання частинок діаметром  $(2...3) \cdot 10^{-3}$  м при співвідношенні довжини до діаметру 12...14 сприяє збільшенню сили співударання частинок, яка забезпечує диспергування емульсії внаслідок розплющування краплини у момент удару, що знайшло відображення у роботах вчених [10]. Застосування частинок меншого діаметра (до  $1 \cdot 10^{-3}$  м) недоцільно завдяки тому, що вони у в'язких середовищах змінюють свою швидкість руху, а це призводить до зменшення їх зіткнень та утворення крапель, здатних до коалесценції.

Аналіз даних гістограми свідчить, що підвищення коефіцієнту завантаження камери ФЧ призводить до збільшення стійкості емульсії. Встановлено, що в інтервалі  $K_3 = 0,09...0,11$  завантаження камери ФЧ можливо досягти максимального значення стійкості емульсії.

Визначення агрегативної та кінетичної стійкості емульсії (рис. 5) підтвердило висунуте раніше припущення, що збільшувати  $K_3$  феромагнітними елементами більше 0,11 недоцільно, тому що вище цього значення спостерігалось зниження стійкості емульсії.

При завантаженні ФЧ та інгредієнтів емульсії для отримання якісної емульсії вони будуть знаходитися саме у цій зоні лише за умов заповнення камери на 0,3...0,5 її об'єму. Збільшення завантаження робочої камери призводить до того, що компоненти виходять за межу робочої зони і значно менше підпадають під дію комплексу факторів, а це суттєво впливає на якісні показники модельної системи. Підсумовуючи результати експериментів необхідно зазначити, що отримання емульсії високої якості у ВШФЧ OEMП можливо лише за умов дотримання раціональних параметрів процесу емульгування, які були визначені за використанням метода Бокса Уілсона. Проведені авторами роботи дослідження впливу ВШФЧ OEMП на харчові системи є продовженням циклу досліджень з даної проблеми. Отримані параметри емульгування у апаратах з ВШ використані при створенні соусів на емульсійній основі різної жирності.

## 7. Висновки

У результаті досліджень визначено умови процесу емульгування емульсій у ВШФЧ OEMП у залежності від критичного коефіцієнту заповнення робочої камери апарату феромагнітними частинками ( $K_{кр}$ ), коефіцієнта заповнення оброблюваним матеріалом ( $Q_3$ ), коефіцієнта тотожності  $l/d$ .

Висока ефективність процесу емульгування досягається при параметрах —  $K_{кр} = 0,08...0,10$ ,  $Q_3 = 0,3...0,5$ ,  $l/d = 10...14$ . Застосування вищезазначених параметрів дозволить отримувати стійкі емульсії з високим ступенем дисперсності.

## Література

1. Устройство для ультразвуковой эмульгации [Текст]: Пат. 2179476 Российская Федерация, МКИ 7 В 01 F 11/00 / Малахов Н. Н., Ушаков Л. С., Орешина М. Н.; заявитель и патентообладатель Орловский госуд. техн. ун-т. — № 2000119854/12; заявл. 07.24.2000; опубл. 02.20.2002, Бюл. № 5. — 3 с.
2. Новак, П. Электромагнитные поля в биологии и медицине: Механизмы взаимодействия. Экспериментальные исследования. Теоретические модели. Аппаратура и приборы [Текст] / П. Новак. — Д.: Пороги, 2004. — 389 с.
3. Логвиненко, Д. Д. Применение электромагнитных полей для интенсификации химических и физических процессов [Текст] / Д. Д. Логвиненко, О. П. Шеляков // В кн.: Современные методы очистки промышленных сточных вод и внедрение их на предприятиях отрасли. — М.: ЦНИИ Электроника, 1974. — С. 12.
4. Каплина, Т. В. Удосконалення технології соусів на емульсійній основі за рахунок електромагнітної обробки [Текст]: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 1–2 березня 2007 р., Полтава / Т. В. Каплина, В. М. Оберемок, Л. О. Положишникова // Нові ресурси та енергозберігаючі технології харчових виробництв. — Полтава: РВВ ПУСКУ, 2007. — С. 142–143.
5. Kaplina, T. The influence of the wheat flour in circulatory electromagnetic field at the vertical layer of ferromagnetic particles on its technological features [Text] / T. Kaplina // The First European Food Congress that was held in Ljubljana, Slovenia, 4–9 November. — Ljubljana, 2008. — P. 185.

6. Котенко, А. Г. Интенсификация процесс приготовления эмульсий для хлебопекарного производства в электромагнитных аппаратах [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / А. Г. Котенко. — К., 1985. — 203 с.
7. Шеляков, О. П. Исследование перемешивания и диспергирования в вихревом слое, созданном вращающимся электромагнитным слоем [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / О. П. Шеляков. — М., 1974. — 176 с.
8. Козин, Н. И. Применение эмульсий в пищевой промышленности [Текст] / Н. И. Козин, И. А. Снегирева, Г. К. Беляева и др.; под ред. Н. И. Козина. — М.: Пищевая промышленность, 1986. — 249 с.
9. Капліна, Т. В. Розробка технологічно стабільних емульсій з використанням оброблення у вихровому шарі ферромагнітних частинок [Текст]: темат. зб. наук. пр. / Т. В. Капліна, О. В. Іванова // Обладнання та технології харчових виробництв. — Донецьк: ДонНУЕТ, 2010. — Вип. 23. — С. 88–94.
10. Логвиненко, Д. Д. Интенсификация технологических процессов в аппаратах с вихревым слоем [Текст]: монография / Д. Д. Логвиненко, О. П. Шеляков. — К.: Техника, 1976. — 144 с.

#### ОБОСНОВАНИЕ УСЛОВИЙ ЭМУЛЬГИРОВАНИЯ ЖИДКИХ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ В ВИХРЕВОМ СЛОЕ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ЧАСТИЦ

В статье рассмотрена возможность использования вихревого слоя ферромагнитных частиц для обработки жидких пищевых систем. Определено, что на качество эмульсии влияют параметры рабочих элементов — диаметр, длина, геометрические размеры, коэффициент заполнения рабочей камеры ферромагнитными частицами и средой, которую обрабатывают. Определены оптимальные параметры эмульгирования, которые позволяют получить стабильные эмульсии.

**Ключевые слова:** эмульсия, вихревой слой, вращающееся электромагнитное поле, ферромагнитные частицы, параметры эмульгирования.

**Капліна Тетяна Вікторівна**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри готельно-ресторанної та курортної справи, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Україна.

**Положишнікова Людмила Олександрівна**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра технологій харчових виробництв і ресторанного господарства, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Україна, e-mail: polozhyshnik\_lo@mail.ru.

**Молчанова Наталія Юріївна**, кандидат технічних наук, кафедра технологічного обладнання харчових виробництв і торгівлі, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», Україна.

**Каплина Татьяна Викторовна**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой отельно-ресторанного и курортного дела, Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Украина.

**Положишнікова Людмила Александровна**, кандидат технических наук, доцент, кафедра технологий пищевых производств и ресторанного хозяйства, Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Украина.

**Молчанова Наталья Юрьевна**, кандидат технических наук, кафедра технологического оборудования пищевых производств и торговли, Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», Украина.

**Kaplina Tatjana**, Higher Educational Institution of Ukoopsilka «Poltava University of Economics and Trade», Ukraine.

**Polozhyshnikova Lyudmila**, Higher Educational Institution of Ukoopsilka «Poltava University of Economics and Trade», Ukraine, e-mail: polozhyshnik\_lo@mail.ru.

**Molchanova Natalya**, Higher Educational Institution of Ukoopsilka «Poltava University of Economics and Trade», Ukraine

УДК 664.642

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.51760

**Попова С. Ю.,  
Никифоров Р. П.,  
Слащева А. В.**

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПОПЕРЕДНЬОЇ АКТИВАЦІЇ ДРІЖДЖІВ

Розглянуто математичний розрахунок залежності підйомної сили та осмочутливості дріжджових клітин у залежності від температури та тривалості процесу попередньої активації дріжджів (ПАД). Планування експерименту було виконано за ортогональним симетричним планом Бокса-Бенкина. В результаті проведених експериментальних та розрахункових задач було визначено оптимальні параметри активації дріжджів в присутності сухої картопляної добавки (СКД).

**Ключові слова:** суха картопляна добавка, попередня активація дріжджів, підйомна сила дріжджів, осмочутливість.

### 1. Вступ

В процесі виробництва дріжджового тіста як правило використовують пресовані або сухі дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, які сприяють протіканню спиртового та інших видів бродіння тіста.

Теоретичні основи спиртового бродіння полягають у тому, що хлібопекарські дріжджі можуть зброджувати моно-, ді- та трисахариди. Для дріжджів характерно послідовне споживання різних цукрів: спочатку вони

зброджують моносахариди (глюкозу, фруктозу), потім мальтозу.

Борошно містить у своєму складі вільні цукри та крохмаль, які гідролізуються під дією ферментів борошна з утворенням мальтози. Основним вуглеводом при збродженні тіста є саме мальтоза та у деякій мірі мальтотриоза, які утворюються під впливом амілолітичних ферментів борошна. Ферменти, які беруть участь у транспорті та збродженні мальтози (мальтозоперміаза), утворюються тільки після того, як дріжджові